



(19)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 918 095 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.03.2003 Patentblatt 2003/13

(51) Int Cl.7: **C22C 21/00, C22C 21/06**

(21) Anmeldenummer: **97810884.3**

(22) Anmeldetag: **20.11.1997**

(54) Verfahren zur Herstellung eines Strukturauteiles aus einer Aluminium-Druckgusslegierung

Process of manufacturing a structural element made of a die-cast aluminium alloy

Procédé de fabrication d'un élément de structure en alliage d'aluminium moulé sous pression

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU NL
PT SE

- Wüst, Jürgen
85435 Erding (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.05.1999 Patentblatt 1999/21

(56) Entgegenhaltungen:

WO-A-96/10099 WO-A-96/25528

(73) Patentinhaber: **Alcan Technology & Management AG
8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)**

- DATABASE WPI Section Ch, Week 9640 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M26, AN 96-400558 XP002060155 & RU 2 051 048 C (SHEVELEVA L M)
- KHARAKTEROVA M L ET AL: "PRECIPITATION HARDENING IN TERNARY ALLOYS OF THE AL-SC-CU AND AL-SC-SI SYSTEMS" ACTA METALLURGICA & MATERIALIEN, Bd. 42, Nr. 7, 1.Januar 1994, Seiten 2285-2290, XP000563099

(72) Erfinder:

- Winkler, Reinhard
78234 Engen (DE)

EP 0 918 095 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingeleitet, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Strukturauteiles aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgiessen.

5 [0002] Mit modernen Giessverfahren können heute hochbelastbare Formteile auch aus Aluminiumlegierungen hergestellt werden. Die eingesetzten Aluminiumwerkstoffe müssen allerdings eine Reihe von Anforderungen erfüllen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Eignung eines Werkstoffs ist die Einhaltung bestimmter mechanischer Kennwerte. So bestimmen etwa Mindestwerte von Streckgrenze und Festigkeit die Tragfähigkeit einer Konstruktion. Im Fahrzeugbau kommt die Anforderung hinzu, dass die bei einem Zusammenstoß deformierten Bauteile vor dem Bruch möglichst 10 viel Energie durch plastische Verformung absorbieren sollen, was eine hohe Duktilität des eingesetzten Werkstoffs erfordert. Eine weitere Voraussetzung ist eine kostengünstige Herstellungsmöglichkeit des Formteils. Hier bietet sich der Druckguss an, wobei für höchste Qualitätsansprüche Spezialverfahren zu bevorzugen sind, mit denen eine gute Formfüllung auch bei geringen Wandstärken des Gussteils erreicht und die Bildung von die Duktilität des Bauteils herabsetzenden Gaseinschlüssen verhindert werden kann.

15 [0003] Zur Herstellung von Druckgussteilen aus Aluminiumwerkstoffen werden heute noch zu einem wesentlichen Teil Aluminiumlegierungen mit einem Anteil von 7 bis 10% Silizium eingesetzt. Diese AlSi-Legierungen mit kleinem Magnesium-Zusatz zeichnen sich durch eine ausserordentlich gute Giessbarkeit bei geringer Klebeneigung des Gussteils in der Form auf. Diese Legierungen erfordern jedoch zur Einförmung des Eutektikums eine Hochglühung bei Temperaturen von mindestens 480°C. Damit das Bauteil die geforderten Festigkeitswerte aufweist, muss das derart 20 lösungsgeglühte Bauteil abgeschreckt und nachfolgend warm ausgelagert werden; der kleine Magnesium-Zusatz bis zu 0,4% ist dafür verantwortlich.

[0004] Bauteile mit teilweise geringen Wandstärken, wie sie beispielsweise als Strukturauteile im Automobilbau eingesetzt werden, verziehen sich beim Abschrecken und müssen daher gerichtet werden. Zudem kann die hohe Glühtemperatur infolge einer Restgasporosität zu Blasenbildung an der Oberfläche der Bauteile führen. Zur Herstellung 25 von Strukturauteilen der genannten Art durch Druckgiessen wurde deshalb nach Möglichkeiten gesucht, die geforderten Festigkeits- und Dehnungswerte auch mit naturhaften Legierungen ohne Durchführung einer Lösungsglühung zu erzielen. Um das Kleben des Gussteils in der Form zu verhindern, wurden unter Inkaufnahme einer Duktilitätseinbusse Legierungen mit bis zu 1% Eisen eingesetzt.

30 [0005] Zur Erzielung der heute an Sicherheitsbauteile im Fahrzeug- und insbesondere im Automobilbau gestellten Anforderungen bezüglich Festigkeit und Duktilität ist ein wesentlicher Fortschritt durch die Einführung von Werkstoffen mit niedrigem Eisengehalt gelungen. Mit dieser Massnahme wird der Volumenanteil spröder intermetallischer Phasen des Eisens mit dem Aluminium verringert. Das bei tiefen Eisengehalten auftretende Kleben des Gussteils an der Formwand wird mit einem höheren Gehalt an Mangan, das eine ähnliche Wirkung wie Eisen zeigt, kompensiert. Mit der Zugabe von Mangan wird allerdings der Anteil intermetallischer Phasen des Typs Al(MnFe) wiederum vergrössert. Da 35 die Verteilung und Grösse der manganhaltigen intermetallischen Partikel im Vergleich zu den eisenhaltigen Phasen aber weitaus günstiger ist, ergibt sich bei etwa gleichem Festigkeitsniveau eine erhöhte Duktilität. Derartige Werkstoffe mit niedrigem Eisengehalt, d.h. Legierungen, bei denen Eisen durch Mangan substituiert ist, sind in letzter Zeit mit Erfolg in der Produktion eingeführt worden.

40 [0006] Aus der WO-A-96/10099 sind Aluminium-Gusslegierungen mit einem Zusatz von Scandium zur Erhöhung der Festigkeit bekannt. Die hohe Festigkeit ergibt sich durch eine Warmauslagerung nach Lösungsglühung und Abschrecken mit Wasser.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für im Druckguss hergestellte Strukturauteile der eingangs genannten Art geeignete Werkstoffe mit weiter verbesserten mechanischen Eigenschaften bereitzustellen. Insbesondere sollen die für das Druckgiessen bekannten naturhaften Legierungen bezüglich ihrer Eigenschaftskombination von Festigkeit und Bruchdehnung weiter verbessert werden. Für Sicherheitsteile im Automobilbau sollten die folgenden Minimalwerte im Gusszustand bzw. nach einer Wärmebehandlung ohne Lösungsglühung erreicht werden:

Dehngrenze (Rp0.2): 120 MPa

Zugfestigkeit (Rm): 180 MPa

50 Dehnung (A5): 10%.

[0008] Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führen Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ausprüche 1 und 3.

55 [0009] Die vorliegende Erfindung macht sich die Erkenntnis zunutze, dass Scandium und Zirkonium bei rascher Abkühlung zum grössten Teil in übersättigter Lösung bleiben und bei Temperaturen im Bereich zwischen etwa 230 und 350°C zu feindispersen, submikronen Ausscheidungen führen. Mit einem Zusatz von Scandium kann daher die Festigkeit der Grundlegierung durch eine Ausscheidungshärtung erhöht werden. Scandium kann teilweise durch Zirkonium ersetzt werden; eine Kombination beider Elemente führt infolge der Bildung der isomorphen Phasen Al_3Sc und

Al_3Zr , die beide als kubisch flächenzentrierte Überstrukturphasen im Al-Matrixgitter gekennzeichnet sind, zu dem erfundungsgemässen günstigen Aushärtungseffekt.

[0010] Aufgrund der Wirkungsweise von Scandium darf angenommen werden, dass sich der festigkeitssteigernde Effekt bei allen naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen auswirkt, welche einen geringen Gehalt an Silizium aufweisen und die verfahrensbedingt durch rasche Erstarrung und damit Übersättigung der Elemente Scandium und Zirkonium erzeugt werden.

[0011] Bei dem ersten Legierungssystem (AlMnFe) besteht die Legierung bevorzugt aus

10	0,15 bis 0,25 0,5 bis 0,7 1,2 bis 1,4 max. 1,5 max. 0,3 max. 0,1 0,05 bis 0,2 wahlweise noch 0,1 bis 0,2	Gew.-% Silizium Gew.-% Eisen Gew.-% Mangan Gew.-% Magnesium Gew.-% Titan Gew.-% Zink Gew.-% Scandium Gew.-% Zirkonium
----	--	--

20 sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

[0012] Bei dem zweiten Legierungssystem (AlMgMn) besteht die Legierung bevorzugt aus

25	0,15 bis 0,25 0,05 bis 0,15 0,8 bis 1,0 2,5 bis 3,5 max. 0,2 max. 0,1 0,05 bis 0,2 wahlweise noch 0,1 bis 0,2	Gew.-% Silizium Gew.-% Eisen Gew.-% Mangan Gew.-% Magnesium Gew.-% Titan Gew.-% Zink Gew.-% Scandium Gew.-% Zirkonium
----	---	--

35 sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

[0013] Die festigkeitssteigernde Wirkung des Scandiumzusatzes ergibt sich zu einem geringen Teil bereits während des eigentlichen Druckgiessvorganges. Eine wesentliche Erhöhung der Festigkeit kann jedoch durch eine nachfolgende Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 230 bis 350°C erreicht werden. Durch entsprechende Wahl von Temperatur und Zeitdauer der Wärmebehandlung kann ein gewünschtes Optimum zwischen hoher Duktilität und 40 Festigkeit eingestellt werden. Durch diese gezielte Steuerung des Aushärtungseffektes von Scandium bzw. Scandium und Zirkonium wird die Einstellung massgeschneiderter mechanischer Eigenschaften an einem Strukturauteil möglich.

[0014] Mit dem erfundungsgemässen Zusatz von Scandium und ggf. Zirkonium lassen sich die bekannten naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen bezüglich Festigkeit und Duktilität entscheidend verbessern. Die Legierungen sind daher besonders geeignet zur Herstellung von Strukturauteilen, die als Sicherheitsbauteile im Fahrzeugbau und insbesondere im Automobilbau, beispielsweise als Space Frame Knoten oder als Crashelemente, eingesetzt werden. Die Strukturauteile eignen sich insbesondere für Anwendungen, bei welchen eine Temperaturbelastung bis etwa 180°C auftritt.

[0015] Die vorteilhafte Wirkung eines Zusatzes von Scandium bzw. Scandium und Zirkonium zu naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen ergibt sich aus den nachfolgend zusammengestellten Versuchsergebnissen beispielhafter Legierungen.

Beispiele

X

55 [0016] Die untersuchten Legierungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

Legierung	Zusammensetzung (Gew.-%)						
	Si	Fe	Mn	Mg	Zr	Ti	Sc
1	0.10	0.10	1.2	3.2		0.016	0.15
2	0.043	0.077	1.32	0.01	0.089	0.099	0.14

[0017] Aus der Legierung 1 wurde ein Druckgussteil hergestellt. Die Legierung 2 wurde zur Simulation der Abkühlung beim Druckgiessen im Kokillengießverfahren zu Platten von 3 mm Dicke vergossen. Aus den Gussteilen wurden Probestäbe für Zugversuche herausgearbeitet und an diesen die mechanischen Eigenschaften im Gusszustand mit und ohne nachfolgende Wärmebehandlung gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Hierbei bedeuten Rp 0.2 die Dehngrenze, Rm die Zugfestigkeit und A5 die Bruchdehnung.

Tabelle 2

Legierung	Wärmebehandlung	Mechanische Eigenschaften		
		Rp0.2 (MPa)	Rm (MPa)	A5 (%)
1		140	260	18
1	270°C/5h	210	300	8
2		60	130	32
2	350°C/6 h	120	180	16

[0018] Die Versuche zeigen deutlich das Potential von Scandium bzw. von Scandium und Zirkonium bezüglich der Einstellungsmöglichkeiten von Festigkeit und Duktilität am gegossenen Bauteil mittels einer entsprechend angepassten Wärmebehandlung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Strukturauteiles aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgiessen, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

0,1 bis 0,8	Gew.-% Silizium
0,2 bis 0,8	Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8	Gew.-% Mangan
max. 1,5	Gew.-% Magnesium
max. 0,3	Gew.-% Titan
max. 0,1	Gew.-% Zink
0,05 bis 0,4	Gew.-% Scandium
wahlweise noch	
0,1 bis 0,4	Gew.-% Zirkonium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%, besteht, und das druckgegossene Strukturauteil im Gusszustand verwendet oder zur Erhöhung der Festigkeit ohne Hochtemperaturlösung eine Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C unterworfen wird.

2. Verfahren, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

0,15 bis 0,25	Gew.-% Silizium
0,5 bis 0,7	Gew.-% Eisen
1,2 bis 1,4	Gew.-% Mangan

(fortgesetzt)

max. 1,5	Gew.-% Magnesium
max. 0,3	Gew.-% Titan
max. 0,1	Gew.-% Zink
0,05 bis 0,2	Gew.-% Scandium
wahlweise noch	
0,1 bis 0,2	Gew.-% Zirkonium

5

10

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%, besteht.

3. Verfahren zur Herstellung eines Strukturauteiles aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgiessen, **dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus**

0,05 bis 1,0	Gew.-% Silizium
0,05 bis 0,2	Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8	Gew.-% Mangan
2,0 bis 4,5	Gew.-% Magnesium
max. 0,2	Gew.-% Titan
max. 0,1	Gew.-% Zink
0,05 bis 0,4	Gew.-% Scandium
wahlweise noch	
0,1 bis 0,4	Gew.-% Zirkonium

20

25

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%, besteht, und das druckgegossene Strukturauteil im Gusszustand verwendet oder zur Erhöhung der Festigkeit ohne Hochtemperaturlüfung einer Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C unterworfen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus**

0,15 bis 0,25	Gew.-% Silizium
0,05 bis 0,15	Gew.-% Eisen
0,8 bis 1,0	Gew.-% Mangan
2,5 bis 3,5	Gew.-% Magnesium
max. 0,2	Gew.-% Titan
max. 0,1	Gew.-% Zink
0,05 bis 0,2	Gew.-% Scandium
wahlweise noch	
0,1 bis 0,2	Gew.-% Zirkonium

30

40

45

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%, besteht.

50 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 230 bis 350°C durchgeführt wird.**

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Strukturauteil als Sicherheitsbauteil im Fahrzeugbau verwendet wird.

55 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Strukturauteil für Anwendungen mit einer Temperaturbelastung bis etwa 180°C verwendet wird.

Claims

1. Method of producing a structural component from an aluminium alloy by die casting, **characterised in that** the alloy consists of

5	0.1 to 0.8	% by weight silicon
	0.2 to 0.8	% by weight iron
10	0.5 to 1.8	% by weight manganese
	max. 1.5	% by weight magnesium
	max. 0.3	% by weight titanium
	max. 0.1	% by weight zinc
15	0.05 to 0.4	% by weight scandium
	and optionally also	
	0.1 to 0.4	% by weight zirconium

with the remainder aluminium with further impurities individually to a maximum of 0.02 % by weight and in total to a maximum of 0.2 % by weight, and the die-cast structural component is used in the as-cast condition or is subjected to heat treatment at a temperature within the range of 200 to 400°C in order to increase strength without high-temperature annealing.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the alloy consists of

25	0.15 to 0.25	% by weight silicon
	0.5 to 0.7	% by weight iron
30	1.2 to 1.4	% by weight manganese
	max. 1.5	% by weight magnesium
	max. 0.3	% by weight titanium
	max. 0.1	% by weight zinc
35	0.05 to 0.2	% by weight scandium
	and optionally also	
	0.1 to 0.2	% by weight zirconium

with the remainder aluminium with further impurities individually to a maximum of 0.02 % by weight and in total to a maximum of 0.2 % by weight.

3. Method of producing a structural component from an aluminium alloy by die casting, **characterised in that** the alloy consists of

40	0.05 to 1.0	% by weight silicon
	0.05 to 0.2	% by weight iron
45	0.5 to 1.8	% by weight manganese
	2.0 to 4.5	% by weight magnesium
	max. 0.2	% by weight titanium
	max. 0.1	% by weight zinc
50	0.05 to 0.4	% by weight scandium
	and optionally also	
	0.1 to 0.4	% by weight zirconium

with the remainder aluminium with further impurities individually to a maximum of 0.02 % by weight and in total to a maximum of 0.2 % by weight, and the die-cast structural component is used in the as-cast condition or is subjected to heat treatment at a temperature within the range of 200 to 400°C in order to increase strength without high-temperature annealing.

4. Method according to claim 3, characterised in that the alloy consists of

5	0.15 to 0.25	% by weight silicon
	0.05 to 0.15	% by weight iron
	0.8 to 1.0	% by weight manganese
	2.5 to 3.5	% by weight magnesium
10	max. 0.2	% by weight titanium
	max. 0.1	% by weight zinc
	0.05 to 0.2	% by weight scandium
	and optionally also	
	0.1 to 0.2	% by weight zirconium

15 with the remainder aluminium with further impurities individually to a maximum of 0.02 % by weight and in total to a maximum of 0.2 % by weight.

5. Method according to one of claims 1 to 4, characterised in that the heat treatment is carried out at a temperature within the range of 230 to 350°C.

20 6. Method according to one of claims 1 to 5, in which the structural component is used as a safety component in vehicle construction.

25 7. Method according to one of claims 1 to 6, in which the structural component is used for applications at temperatures of up to approximately 180°C.

Revendications

30 1. Procédé de fabrication d'un élément de structure en alliage d'aluminium moulé sous pression, caractérisé en ce que l'alliage est constitué de

35	0,1 à 0,8	% en poids de silicium
	0,2 à 0,8	% en poids de fer
	0,5 à 1,8	% en poids de manganèse
	max. 1,5	% en poids de magnésium
	max. 0,3	% en poids de titane
	max. 0,1	% en poids de zinc
40	0,05 à 0,4	% en poids de scandium
	au choix encore	
	0,1 à 0,4	% en poids de zirconium

45 ainsi que de l'aluminium pour le reste avec d'autres impuretés individuellement max. 0,02 % en poids, au total max. 0,2 % en poids, et que l'élément de structure moulé sous pression est utilisé tel que coulé ou, afin d'augmenter la résistance sans recuit à température élevée, est soumis à un traitement thermique dans une plage de température de 200 à 400°C.

50 2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'alliage est constitué de

55	0,15 à 0,25	% en poids de silicium
	0,5 à 0,7	% en poids de fer
	1,2 à 1,4	% en poids de manganèse
	max. 1,5	% en poids de magnésium
	max. 0,3	% en poids de titane
	max. 0,1	% en poids de zinc
	0,05 à 0,2	% en poids de scandium

(suite)

au choix encore	
0,1 à 0,2	% en poids de zirconium

5

ainsi que de l'aluminium pour le reste avec d'autres impuretés individuellement max. 0,02 % en poids, au total max. 0,2 % en poids.

10 3. Procédé de fabrication d'un élément de structure en alliage d'aluminium moulé sous pression, **caractérisé en ce que l'alliage est constitué de**

15	0,05 à 1,0 % en poids de silicium 0,05 à 0,2 % en poids de fer 0,5 à 1,8 % en poids de manganèse 2,0 à 4,5 % en poids de magnésium max. 0,2 % en poids de titane max. 0,1 % en poids de zinc 0,05 à 0,4 % en poids de scandium au choix encore 0,1 à 0,4 % en poids de zirconium
----	--

15

20

ainsi que de l'aluminium pour le reste avec d'autres impuretés individuellement max. 0,02 % en poids, au total max. 0,2 % en poids, et que l'élément de structure moulé sous pression est utilisé tel que coulé ou, afin d'augmenter la résistance sans recuit à température élevée, est soumis à un traitement thermique dans une plage de température de 200 à 400°C.

25

30

4. Procédé suivant la revendication 3, **caractérisé en ce que l'alliage est constitué de**

35	0,15 à 0,25 % en poids de silicium 0,05 à 0,15 % en poids de fer 0,8 à 1,0 % en poids de manganèse 2,5 à 3,5 % en poids de magnésium max. 0,2 % en poids de titane max. 0,1 % en poids de zinc 0,05 à 0,2 % en poids de scandium au choix encore 0,1 à 0,2 % en poids de zirconium
----	--

40

ainsi que de l'aluminium pour le reste avec d'autres impuretés individuellement max. 0,02 % en poids, au total max. 0,2 % en poids.

45

50

5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que le traitement thermique est effectué dans une plage de température de 230 à 350°C.**

6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, l'élément de structure étant utilisé comme élément de sécurité en construction automobile.

7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 6, l'élément de structure étant utilisé pour des applications avec sollicitations de température jusqu'à environ 180°C.

55